

KAJIAN SIFAT MEKANIK BATA RINGAN DARI LIMBAH POTONG BATU MARMER DIPERKUAT SERAT TANDAN KOSONG KELAPA SAWIT

Nuzuli Fitriadi^{1*}, M. Haris Fatahillah²

¹Dosen Program Studi Teknik Mesin Politeknik Aceh Selatan

²Mahasiswa Program Studi Teknik Mesin Politeknik Aceh Selatan

Jl. Merdeka Komplek Reklamasi Pantai, Tapaktuan, 23715, Telp. 0656-323749

*E-mail: nuzuli@poltas.ac.id

ABSTRAK

Industri kerajinan batu marmer saat ini berkembang pesat. Salah satu hasil dari industri marmer yang sering menjadi limbah adalah sisa pemotongan marmer. Limbah ini bisa diolah menjadi agregat pengganti pasir pada bata ringan yang pada akhirnya bisa dimanfaatkan sebagai bahan rekayasa material. Bata Ringan adalah salah satu jenis bata yang menggunakan busa sebagai agregat ringan. Batu bata ringan dibuat dengan mencampurkan campuran semen, limbah batu marmer, air, serat Tandan Kosong Kelapa Sawit (TTKS) dan busa di mixer lalu dituangkan ke dalam cetakan. Tujuan dari penelitian ini adalah pengembangan material bata ringan yang terbuat dari limbah marmer yang diperkuat serat TKKS dan untuk mengetahui karakteristik mekanik melalui pengujian statis. Hasil uji kompresi terbaik pada spesimen B4 dengan kuat tekan 4,11 MPa dan kuat tarik tidak langsung pada spesimen C1 yaitu sebesar 34,61 MPa dan posisi kedua adalah spesimen B4 yaitu 32,3 MPa. Jika dilihat dari kekuatan tekan dan tarikan tidak langsung, spesimen B4 direkomendasikan untuk pembuatan produk bata ringan. Dengan pemanfaatan limbah ini akan mengurangi pencemaran terhadap lingkungan dan akan meningkatkan nilai tambah dari produk yang dihasilkan.

Kata Kunci: Bata ringan, serat TKKS, limbah marmer

PENDAHULUAN

Kabupaten Aceh Selatan memiliki berbagai potensi sumber daya alam, salah satunya adalah marmer. Marmer adalah batuan kristalin kasar berasal dari batu gamping yang telah mengalami proses metamorfosa, yaitu suatu proses yang diakibatkan oleh adanya kenaikan temperatur dan tekanan atau keduanya yang terjadi dalam tubuh bumi. Batu marmer secara kimiawi tersusun dari Calsium Karbonat (CaCO_3) dalam bentuk batuan yang jauh lebih keras dengan tekstur dan struktur yang berbeda dibandingkan batuan aslinya (batu gamping).

Serbuk marmer adalah merupakan limbah dari proses pemotongan marmer. Sampai saat ini limbah ini masih kurang dimanfaatkan khususnya di Aceh Selatan yang merupakan salah satu daerah penghasil marmer. Limbah ini dikonsentrasikan pada sebuah wadah penampungan limbah yang jika tidak dimanfaatkan akan terus berdampak kurang baik terhadap lingkungan. Limbah marmer seperti diperlihatkan pada Gambar 1.



Gambar 1. Limbah serbuk marmer

Sejalan dengan berkembangnya ilmu konstruksi bata, telah ditemukan banyak cara/metode dalam pembuatan produk dari limbah serbuk marmer seperti pemanfaatan limbah serbuk marmer pada beton sebagai bahan pengganti sebagian semen dengan variasi penggunaan silica fume (Handayani, 2014), Pemanfaatan limbah marmer untuk pembuatan komposit campuran marmer-poliester-serat abaca (Danu, 2012), Pengaruh variasi ukuran partikel marmer statuari terhadap sifat mekanik komposit partikel marmer statuari (Mahayatra, 2013), Pemanfaatan limbah marmer dari limbah industri marmer sebagai pergantian semen dan pasir dalam produksi beton rumput (Aditya, 2014). Pengaruh penambahan serbuk marmer dan abu sekam padi terhadap pasta semen (Galih Aji Setiawan, 2015). Studi eksperimental penggunaan limbah debu marmer pada beton (Sakalkale et al, 2014).

Saat ini, pembuatan konstruksi bata ringan semakin meningkat karena penggunaan bata ringan merupakan material yang aman dan ekonomis. Metode-metode yang sering digunakan dalam pembuatan bata ringan adalah dengan memasukkan *foaming agent* kedalam campuran air, pasir dan semen. Pembentukan pori-pori pada bata membuat bata tersebut menjadi ringan karena berkurangnya jumlah material yang digunakan. Selain menambahkan agen busa ke dalam campuran bata, penambahan agregat ringan seperti *fly ash* (Lincoln, 2017) yang hampir sama dengan serbuk marmer dapat mengurangi berat jenis bata tersebut.

Pengolahan limbah TKKS dewasa ini mulai diteliti kegunaannya, sehingga nilai ekonomis dari material limbah tersebut dapat dinaikkan dan sekaligus dapat memberi solusi atas penanganan produk limbah yang sebelumnya terbuang sia-sia. Sebagai contoh pemanfaatan TKKS ini dibidang teknologi diantaranya ialah pembuatan papan partikel (Fadillah, 2015), *parking bumper* (Siagian, 2013), kerucut lalu lintas (Pranoto, 2010) dan *helmet* sepeda (Anis, 2013) sehingga masih terbuka kemungkinan serat TKKS ini diolah ke bentuk material/struktur lainnya yang mempunyai nilai ekonomis tinggi. Salah satu bentuk strukturnya adalah struktur bata.

Alternatif lain bata ringan dapat dibentuk dengan cara penambahan serat sebagai penguat kedalam campuran pasta semen, limbah marmer dan foam. Ukuran panjang serat TKKS yang dipakai dapat berkisar antara 1 s.d. 10 mm. Dengan cara ini diperoleh bata ringan berongga yang relatif lebih besar kekuatannya dan ringan. Serat TKKS diperlihatkan pada Gambar 2.



Gambar 2. Serat TKKS

Tujuan

Beberapa tujuan dalam penelitian ini adalah:

1. Membuat berbagai model komposisi material uji menggunakan serbuk marmer dan serat TKKS sebagai agregat ringan, serta foam sebagai pembentuk struktur berongga yang akan menghasilkan sifat-sifat mekanik yang berbeda.
2. Untuk mendapatkan kuat tekan dan tarik pada spesimen bata ringan.

Kegunaan

Penelitian ini diharapkan dapat memberikan beberapa manfaat sebagai berikut:

1. Pemanfaatan limbah pemotongan batu marmer dan serat TKKS sebagai alternatif material baru.
1. Mengetahui perilaku mekanik optimum dari beberapa komposisi material penyusunnya sehingga dapat akan direkomendasikan untuk pembuatan bata ringan.

METODE PENELITIAN

Rancangan Kegiatan

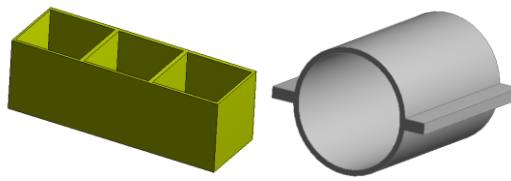
Batako ringan dibuat dengan menggunakan metode penuangan/cor. Proses pengecoran ini dilakukan untuk menghasilkan bata berongga (foam) yang diperoleh dengan cara mencampurkan limbah pemotongan marmer, semen dengan air dan *foam agent* yang dibangkitkan menggunakan *foam generator*.

Proses pengadukan di dalam cetakan menggunakan *mixer*. Pasta akan dituang kedalam 3 (tiga) cetakan yang masing-masing berukuran 150×150×150 (mm) dan silinder Ø50×75 (mm). Cetakan terbuat dari plat besi dengan tujuan untuk mendapatkan hasil dari pengecoran yang berukuran tetap dan mudah untuk dibuka.

Pada penelitian ini, komposisi batako ringan akan dibuat dalam 3 (tiga) kelompok yaitu kelompok A, B dan C. Masing-masing kelompok dibedakan pada perbandingan pasta semen, limbah pemotongan batu marmer dan serat TKKS.

Alat Cetak Bata Ringan

Pembuatan bata ringan sebagai material uji *Brazilian* menggunakan cetakan silinder dengan ukuran Ø50×75 mm. Pengujian *Brazilian* ini untuk mendapatkan nilai tegangan (σ) dan regangan sehingga dapat diketahui nilai Modulus Elastisitas (E). Pengujian tekan statik menggunakan cetakan ukuran 150×150×150 mm untuk mendapatkan nilai kekuatan tekan maksimum ($f'c$). Alat cetak spesimen uji diperlihatkan pada Gambar 5.



Gambar 5. Alat cetak bata ringan
a. Cetakan uji tekan, b. Cetakan uji Brazilian

b

Material Penyusun Bata Ringan

Spesimen bata ringan dibuat dari pencampuran semen, limbah batu marmer dan air. Untuk mendapatkan struktur komposit yang ringan, campuran tersebut dicampur dengan *foaming agent* untuk menghasilkan foam dalam struktur. Komposisi material-material penyusun batako ringan ini seperti yang diperlihatkan pada Tabel 1.

Tabel 1. Komposisi bata ringan

Tipe	Semen (gr)	Limbah (gr)	Air (gr)	Foaming Agent (gr)	Rasio
A	2,267	2,267	1,133	8 492	1:1:0,5 – 1:60
B	2,267	3,400	1,133	8 492	1:1,5:0,5 – 1:60
C	2,267	4,533	1,133	8 492	1:2:0,5 – 1:60

Semua spesimen akan diuji statik dan hasil pengujian tersebut akan dibandingkan dengan mutu bata ringan yang terdapat di pasaran.

Pengujian Statik Tekan

1. Alat Uji

Alat uji yang digunakan dalam penelitian ini adalah mesin *Compression Testing Machine* dengan standar ASTM C-39 yang terdapat di Laboratorium Pengujian Beton Dept. Teknik Sipil FT Unsyiah seperti pada Gambar 3.7. Alat uji ini dapat memberikan beban tekan maksimum hingga mencapai 10.000 Psi. Alat uji tekan statik terdiri dari pompa hidrolik, alat tekan (*chuck*), alas spesimen, tuas beban dan *load scale* sebagai penunjuk beban yang diberikan pada spesimen. Spesimen berbentuk kubus diletakkan pada alasnya dan kemudian *chuck* akan menekan spesimen tersebut sampai spesimen mengalami kegagalan.

2. Metode Pengukuran

Pengukuran kekuatan tekan dilihat pada saat jarum penunjuk skala beban berhenti, maka catat skala pada jarum penunjuk yang merupakan beban maksimum yang dapat dipikul oleh benda uji tersebut. Jarum penunjuk akan memberikan informasi tentang beban tekan (ton).

Pengujian Tarik Brazilian

1. Alat Uji

Alat uji ini dapat mengukur beban tekan maksimum hingga mencapai 2000 Kgf dengan kecepatan tekan yang dapat diatur. Alat uji terdiri dari load cell, hidrolik, chuck, pin crosshead operation, controller, labjack, personal computer, loader, spesimen, support. Spesimen berbentuk silinder dengan ukuran Ø50x75 mm diletakkan secara horizontal diantara chuck atas dan bawah sehingga chuck tersebut akan menekan spesimen tersebut sampai terjadi kegagalan. Hasil pengujian yang ditunjukkan oleh software dapat disimpan

dalam format Excel untuk pengolahan data sehingga diperoleh nilai tegangan, regangan dan modulus elastisitas.

2. Metode Pengukuran

Pengukuran kuat tarik Brazilian pada spesimen yang diterima oleh *strain gage* akan diubah oleh *loadcell* menjadi sinyal elektrik dan diteruskan kesinyal *conditioning*, kemudian sinyal dibesarkan oleh *amplifier*, selanjutnya sinyal dalam bentuk analog diubah menjadi sinyal digital oleh *labjack*. Sinyal digital akan dibaca oleh *software* dalam bentuk grafik beban (load, kgf) dan langkah (stroke, mm). Data yang dibaca oleh *software* disimpan dalam format Excel. Grafik beban vs *stroke* kemudian diolah menjadi grafik tegangan vs regangan.

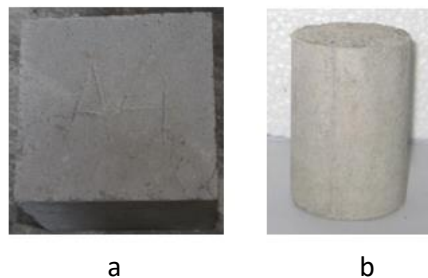
Lokasi Penelitian

Penelitian dilaksanakan di Laboratorium Komposit Politeknik Aceh Selatan.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Proses Pembuatan

Pembuatan material komposit untuk batako ringan dari limbah marmer dan serat tandan kosong kelapa sawit berdasarkan komposisi seperti yang ditunjukkan pada Tabel 3.2 sudah berhasil dilaksanakan. Terdapat tiga komposisi A, B dan C dimana masing-masing komposisi dibuat dalam 5 spesimen. Spesimen uji seperti diperlihatkan pada Gambar 6.



Gambar 6. Spesimen uji; a. Tekan statik, b. Brazilian test (uji tarik)

Campuran semen dan limbah marmer dengan serat TKKS serta foam akan meningkatkan volume adonan 30% s.d 40%. Dalam penelitian ini pemakaian jumlah foam adalah konstan yaitu 8% dari total berat pasta. Salah satu tujuan variasi komposisi adalah untuk mendapatkan berat jenis (ρ) seperti yang tertera pada tabel 2.

Tabel 2 Berat jenis (ρ) batako ringan berdasarkan komposisi

No	Semen (gr)	Limbah Marmer (gr)	TKKS (gr)	Berat (kg)	Rata-rata ρ (kg/m ³)
A1	2,267	2,267	50	2.65	1000
A2	2,267	2,267	50	2.11	1000
A3	2,267	2,267	50	2.69	1057
A4	2,267	2,267	50	2.49	980
A5	2,267	2,267	50	2.18	976
B1	2,267	3,400	50	2.91	1160
B2	2,267	3,400	50	2.91	1100
B3	2,267	3,400	50	3.14	1053

No	Semen (gr)	Limbah Marmer (gr)	TKKS (gr)	Berat (kg)	Rata-rata ρ (kg/m ³)
B4	2,267	3,400	50	3.00	1046
B5	2,267	3,400	50	3.34	1077
C1	2,267	4,533	50	3.86	1545
C2	2,267	4,533	50	3.85	1375
C3	2,267	4,533	50	3.42	1270
C4	2,267	4,533	50	3.60	1281
C5	2,267	4,533	50	3.22	1156

Dari Tabel 2 menjelaskan bahwa komposisi A, B dan C memiliki berat jenis rata-rata hampir sama dengan berat jenis air, sehingga material ini akan melayang jika dimasukkan ke dalam air. Spesimen uji berat jenis material seperti diperlihatkan pada Gambar 7.



Gambar 7. Spesimen uji dari limbah marmer dan TKKS; a) Spesimen uji tekan; b) Spesimen Brazilian test

Karakteristik Mekanik

Karakteristik mekanik batako ringan diperoleh dengan beberapa pengujian.

1. Pengujian Tekan Statik

Pengujian tekan statik dilakukan dengan menggunakan mesin uji tekan beton standar ASTM C-39, yaitu mesin uji *Compression Testing Machine*, dengan beban maximum hingga mencapai 10.000 Psi. Spesimen uji tekan statik diperlihatkan pada Gambar 8.

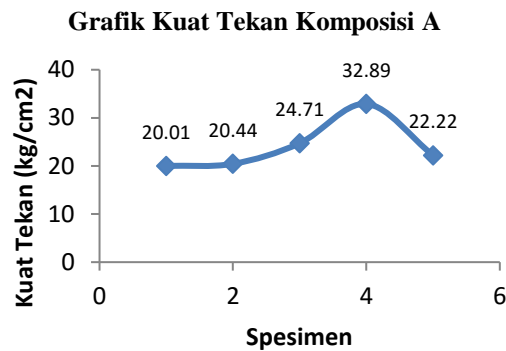


Gambar 8. Bentuk spesimen setelah pengujian tekan statik

Pengujian tekan statik dilakukan dalam beberapa komposisi, seperti diperlihatkan pada Gambar 8, hasil yang diambil dari masing-masing pengujian seperti terlihat pada Gambar 8. yang diperlihatkan dalam bentuk grafik.

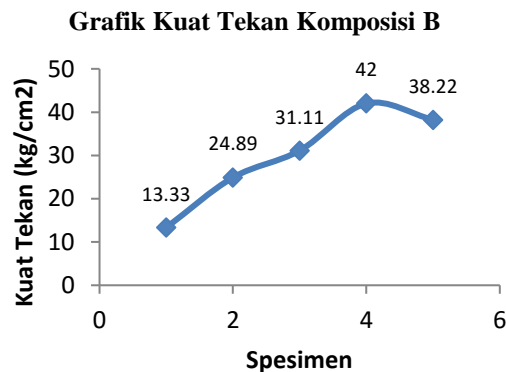
Setiap spesimen dilakukan 2 (dua) kali pengujian sehingga hasil yang diperoleh adalah nilai rata-rata dari pengujian tersebut. Nilai-nilai hasil pengujian setiap spesimen menunjukkan angka yang saling mendekati sehingga nilai ini dianggap benar.

Hasil yang diperoleh untuk perhitungan gaya tekan statik adalah hasil perbandingan antara beban yang diberikan (N) dengan luas penampang spesimen (A) dimana $A = 225 \text{ cm}^2$. Untuk hasil masing-masing komposisi seperti pada Gambar 9, 10 dan 11.



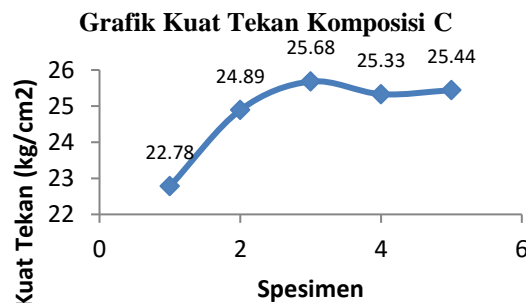
Gambar 9. Grafik kuat tekan untuk komposisi A

Gambar 9. adalah hasil dari komposisi A, dimana terlihat adanya perbedaan kuat tekan nilai yang paling besar terjadi pada spesimen A4 dengan kuat tekan maksimum sebesar 3,28 MPa. Selanjutnya kekuatan tekan maksimum komposisi B dapat dilihat pada Gambar 10.



Gambar 10. Grafik kuat tekan untuk komposisi B

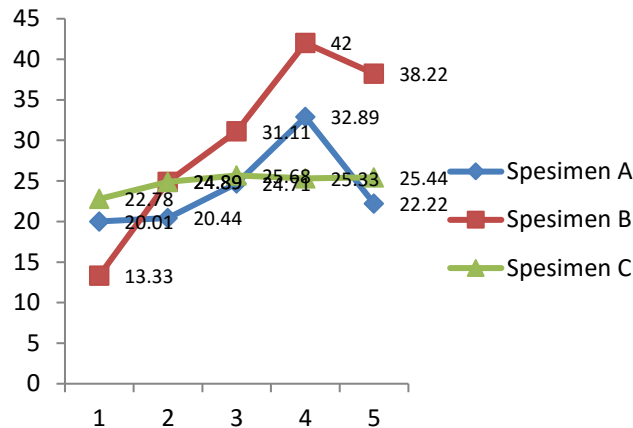
Hasil pengujian beberapa sampel B yang diamati memperlihatkan bahwa spesimen B4 adalah nilai kuat tekan tertinggi yaitu sebesar 4,11 MPa, dan hasil yang diperoleh pada komposisi C adalah seperti terlihat pada Gambar 11.



Gambar 11. Grafik kuat tekan untuk komposisi C

Hasil pengujian beberapa sampel C yang diamati memperlihatkan bahwa spesimen C3 dengan nilai kuat tekan tertinggi yaitu sebesar 2,51 MPa. Pada kombinasi ketiga komposisi dapat dilihat pada Gambar 12, dimana untuk masing-masing komposisi diambil dari hasil yang terbaik.

Grafik Kuat Tekan Spesimen Batako Ringan



Gambar 12. Grafik kuat tekan dengan ketiga kelompok komposisi

Dari hasil ketiga komposisi diperlihatkan pada gambar 12, terlihat terjadi perbedaan yang sangat signifikan terhadap komposisi B dimana komposisi ini mempunyai kuat tekan yang tinggi dibandingkan dengan komposisi A dan C.

Hasil akhir dari pengujian tekan statik diperoleh seperti tertera pada tabel 3. Hasil tabulasi ini dapat dinyatakan bahwa setiap komposisi memiliki kemampuan yang sangat berbeda karena penggunaan serat TKKS dan serbuk marmer. Pada Gambar 12 di atas diperlihatkan bahwa spesimen B4 lebih tinggi dari spesimen lainnya. Hasil perhitungan kekuatan tekan statik diperlihatkan pada Tabel 3.

Tabel 3 Hasil perhitungan kekuatan tekan statik

Spesimen	Umur (hari)	Berat (kg)	Beban Tekan (ton)	Kokoh Tekan (kg/cm ²)	Kuat Tekan (MPa)
A1	14	2.65	4.8	20.01	1.96
A2	14	2.11	4.6	20.44	2.00
A3	14	2.69	5.4	24.71	2.42
A4	14	2.49	6.3	32.89	3.23
A5	14	2.18	5.8	22.22	2.18
B1	14	2.91	3	13.33	1.31
B2	14	2.91	4.7	24.89	2.44
B3	14	3.14	5.4	31.11	3.05
B4	14	3	7	56	4.11
B5	14	3.34	8.6	38.22	3.75
C1	14	3.86	6	33.78	3.31
C2	14	3.85	5.6	24.89	2.44
C3	14	3.42	7.2	25.68	2.52
C4	14	3.6	6.8	25.33	2.48
C5	14	3.22	7.2	25.44	2.49

2. Pengujian Tarik Tak Langsung (Brazilian test)

Pengujian tarik tak langsung dilakukan dengan menggunakan mesin uji Servo Pulser. Hasil untuk pengujian tarik tak langsung adalah tegangan tarik maksimum yang terjadi pada spesimen.

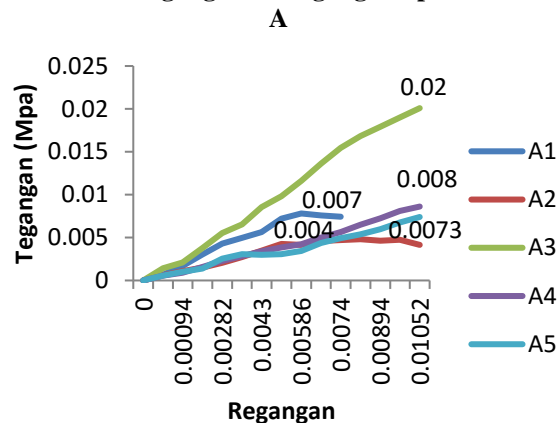


Gambar 13. Pengujian tarik tak langsung dan hasil uji

Pengujian tarik tak langsung bertujuan untuk mendapatkan nilai tegangan dan regangan tarik maksimum benda uji sehingga dari hasil bagi tersebut akan mendapatkan nilai modulus elastisitasnya.

Sementara hasil grafik yang diperoleh adalah dari pengujian komposisi-komposisi yang berbeda. Untuk masing-masing komposisi sebagai mana terlihat pada Gambar 14.

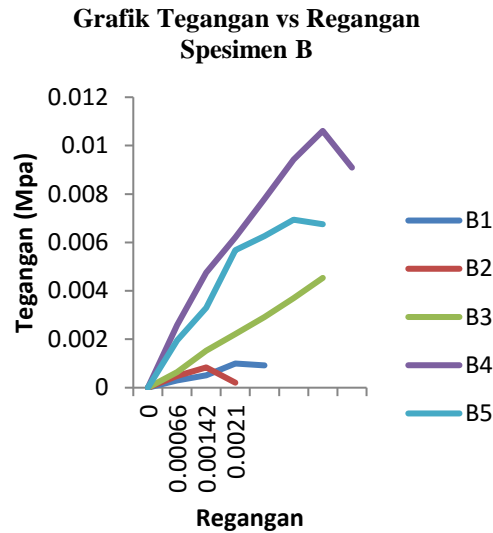
Grafik Tegangan vs Regangan Spesimen



Gambar 14. Grafik kuat tarik tak langsung untuk komposisi A.

Pada Gambar 14. terlihat bahwa nilai rata-rata pada komposisi A terjadi perbedaan yang signifikan antar tipe spesimen. Hal ini disebabkan oleh faktor pengadukan sehingga sebaran foam dan serat TKKS di dalam spesimen tersebut tidak terlalu homogen. Dari grafik pengujian tarik pada spesimen A1 diperoleh tegangan tarik sebesar 0,007 MPa dan modulus elastisitas 13,04 MPa. Pada spesimen A2 diperoleh tegangan tarik 0,007 MPa dengan modulus elastisitas 12,72 MPa. Spesimen A3 diperoleh tegangan tarik yang lebih besar yaitu sebesar 0,002 MPa dengan modulus elastisitas sebesar 20,01 MPa, tetapi pada spesimen A4 diperoleh tegangan tarik jauh lebih kecil yaitu 0,008 MPa dengan modulus elastisitas 6,10 MPa. Tegangan tarik maksimum yang terjadi pada spesimen A5 adalah 0,003 dengan modulus elastisitas 8,30 MPa.

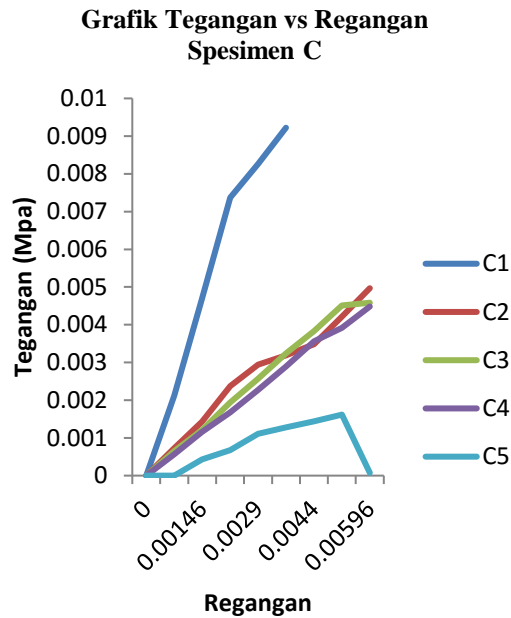
Sementara pada komposisi B diperlihatkan pada gambar 15.



Gambar 15. Grafik kuat tarik tak langsung untuk komposisi B.

Pada Gambar 15. terlihat bahwa pada komposisi B juga terjadi perbedaan antar spesimen. Hal ini disebabkan oleh faktor pengadukan sehingga sebaran foam dan serat TKKS di dalam spesimen tersebut tidak terlalu homogen. Dari grafik pengujian tarik pada spesimen B1 diperoleh tegangan tarik sebesar 0,009 MPa dan modulus elastisitas 4,7 MPa. Pada spesimen B2 diperoleh tegangan tarik 0,008 MPa dengan modulus elastisitas 7,11 MPa. Spesimen B3 diperoleh tegangan tarik sebesar 0,0011 MPa dengan modulus elastisitas sebesar 8,97 MPa. Pada spesimen B4 diperoleh tegangan tarik sebesar 0,002 MPa dengan modulus elastisitas 32,3 MPa. Tegangan tarik maksimum yang terjadi pada spesimen B5 adalah 0,003 MPa dengan modulus elastisitas 31,8 MPa.

Sementara pada komposisi C diperlihatkan pada grafik gambar 16. terlihat bahwa pada komposisi C juga terjadi perbedaan antar spesimen. Hal ini tetap disebabkan oleh faktor pengadukan sehingga sebaran foam dan serat TKKS di dalam spesimen tersebut tidak terlalu homogen. Dari grafik pengujian tarik pada spesimen C1 diperoleh tegangan tarik sebesar 0,002 MPa dan modulus elastisitas 34,61 MPa. Pada spesimen C2 diperoleh tegangan tarik 0,007 MPa dengan modulus elastisitas 7,76 MPa. Spesimen C3 diperoleh tegangan tarik sebesar 0,006 MPa dengan modulus elastisitas sebesar 9,06 MPa. Pada spesimen C4 diperoleh tegangan tarik sebesar 0,007 MPa dengan modulus elastisitas 7,72 MPa. Sementara tegangan tarik maksimum yang terjadi pada spesimen C5 adalah 0,004 MPa dengan modulus elastisitas 5,06 MPa.



Gambar 16. Grafik kuat tarik tak langsung untuk komposisi C.

Dari hasil pengujian tekan diperoleh bahwa spesimen B4 memiliki kekuatan tekan paling besar yaitu 5,49 MPa, namun pada pengujian tarik tak langsung diperoleh tegangan tarik maksimum pada specimen C1 sebesar 34,61 MPa, jika dilihat pada spesimen B4 kekuatan tariknya berada di urutan kedua yaitu sebesar 32,3 MPa. Memperhatikan kondisi optimum dari kedua pengujian ini, maka akan digunakan komposisi B4 untuk pembuatan produk beton busa.

KESIMPULAN

Dari hasil penelitian yang dilakukan, diperoleh beberapa kesimpulan yang merupakan jawaban dari tujuan penelitian ini diantaranya: Hasil pengujian kuat tekan sebagai berikut:

1. Hasil pengujian kuat tekan terbaik pada spesimen tipe B4 dengan berat jenis 1046 Kg/m³ diperoleh kuat tekan sebesar 4,11 MPa. Komposisi B4 ini adalah komposisi yang paling tepat jika dibandingkan dengan komposisi A dan B. Pada komposisi A diperoleh kuat tekan terbaik adalah tipe A4 sebesar 3,23 MPa. Dan untuk komposisi C diperoleh kuat tekan terbaik pada tipe C1 sebesar 3,31 MPa. Perbedaan karakteristik mekanik beton busa sangat dipengaruhi oleh penggunaan serbuk halus marmer, serat TKKS dan sebaran foam dalam material tersebut. Sehingga pada komposisi B4 diperoleh struktur material yang lebih baik dalam menerima beban mekanik, dan layak direkomendasikan untuk material produksi.
2. Hasil pengujian tarik tak langsung diperoleh pada komposisi A dimana tegangan tarik terbesar adalah tipe A3 yaitu 0,002 MPa dengan nilai modulus elastisitas diperoleh 20,01 MPa. Hasil tegangan pengujian tarik terbaik pada spesimen B adalah pada tipe B4 dengan tegangan maksimum pada 0,002 MPa serta modulus elastisitas sebesar 32,3 MPa. Dan untuk komposisi C diperoleh tegangan tarik terbesar pada tipe C1 dengan tegangan tarik maksimum 0,002 MPa serta nilai modulus elastisitas sebesar 34,61 MPa. Hasil pengujian kuat tarik tak langsung terbaik ditetapkan pada komposisi B4.

DAFTAR PUSTAKA

- Aditya, C., Halim, A., Chauliah, P. (2014). Waste Marble Utilization from Residue Marble Industry as a Substitution of Cement and Sand within Concrete Rooftile Production: *International Journal of Engineering Research*, Volume No.3, Issue No.8, pp : 501-506.
- Agil Fitri Handayani, dkk. (2014). Pemanfaatan Limbah Serbuk Marmer Pada Beton Sebagai Bahan Pengganti Sebagian Semen Dengan Variasi Penggunaan Silica Fume: *Jurnal Teknologi dan Kejuruan Vol. 37 No. 2*. Universitas Negeri Malang.
- Danu, S. (2012). Pemanfaatan Limbah Marmer Untuk Pembuatan Komposit Campuran Marmer-Poliester-Serat Abaca: *Prosiding Simposium Nasional Polimer IV*.
- Fadillah Ulfah, dkk. (2015). Pengaruh Variasi Komposisi Serat Tandan Kosong Sawit (TKS) Dan Serbuk Kayu Terhadap Sifat Fisis Dan Sifat Mekanis Papan Partikel: *Pillar of Physics*, Vol. 5. April 2015, 113-120.
- Fernando Binsar Siagian, Bustami Syam. (2013). Analisa Respon Parking Bumper Redisain Dari Bahan Polymeric Foam Diperkuat Serat Tandan Kosong Kelapa Sawit (Tkks) Akibat Beban Tekan Statik: *Jurnal e-Dinamis Vol. 5 No. 1*. Universitas Sumatera Utara.
- Galih Aji Setiawan. (2015). Pengaruh Penambahan Serbuk Marmer dan Abu Sekam Padi Terhadap Pasta Semen: *Digital Repository Universitas Jember*.
- I Daniel O I Shai. (1994). Engineering Mechanics of Composite Material: *Oxford University Press*, USA.
- Kevin Lincolen (2017). Pengaruhabu Terbang Sebagai Bahan Pengganti Semen Pada Beton Beragregat Halus Bottom Ash. *Digital Library Universitas Lampung*. Bandar Lampung.
- Mahyunis Anis, Bustami Syam. (2013). Analisa Struktur Helmet Sepeda Bahan Polymeric Foam Diperkuat Serat Tkks: <https://uinsu.academia.edu/MahyunisAnis>.
- Sakalkale, A. et al. (2014). Experimental Study on Use of Waste Marble Dust in Concrete: *Int. Journal of Engineering Research and Applications*, Vol. 4, Issue 10 (Part - 6), October 2014, pp.44-50.
- Siswo Pranoto, dkk. (2010). Desain Dan Pembuatan Kerucut Lalu Lintas Dari Bahan Polymeric Foam Diperkuat Serat Tandan Kosong Kelapa Sawit: *Digital Library Universitas Sumatera Utara*.
- SNI 03-2491-2002, 2002, Metode Pengujian Kuat Tarik Belah Bata: *Standard Nasional Indonesia*.